

## **Analisis resiko kebencanaan gempa bumi data mikrotremor di Desa Fulolo Kecamatan Alasa Kabupaten Nias Utara**

*Asronj Bakkit Simanjuntak, Gatot Yuliyanto, dan Udi Harmoko*  
Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang  
E-mail: asronjsimanjuntak@st.fisika.undip.ac.id

### **ABSTRACT**

*The Measurement of the microtremor has been conducted in the Village of Fulolo, Alasa Subdistrict, North Nias District. The aim of this study is to determine the parameters of HVSR in the form of the dominant frequency value ( $f_0$ ) and amplification factor ( $A_0$ ) and the parameters of soft sediment thickness ( $H$ ), seismic vulnerability index ( $K_g$ ), peak ground acceleration/PGA ( $\alpha$ ) and ground shear strain ( $\gamma$ ) as well as analyzing the earth quake disaster risk in the Village of Fulolo, Alasa District, North Nias District. Microtremor measurements done on 5 points measurement and microtremor's data were analyzed using Horizontal to Vertical Spectral Ratio's method. The HVSR analysis is in the dominant frequency ( $f_0$ ) value and amplification ( $A_0$ ) value. Then calculate the thickness of soft sedimentary, the value of peak ground acceleration/PGA( $\alpha$ ), the value of seismic vulnerability index ( $K_g$ ) and the value of ground shear strain ( $\gamma$ ). The results showed that the village of Fulolo have dominant frequency ( $f_0$ ) distribution grade range up 0,954 Hz to 7,149 Hz, the value of amplification ( $A_0$ ) ranges up 0,546 to 7,505, the value of the thickness of soft sedimentary ( $H$ ) ranges up 8,945 meters to 112,21 meters, the value of peak ground acceleration ( $\alpha$ ) ranges up 71,78 gal to 194,11 gal, the seismic vulnerability index ( $K_g$ ) ranges up  $2,06 \times 10^{-07}$  ( $1/\text{cm s}^2$ ) to  $1,86 \times 10^{-05}$  ( $1/\text{cm s}^2$ ) and the value of ground shear strain ( $\gamma$ ) range up  $1,031 \times 10^{-04}$  to  $1,338 \times 10^{-03}$ . Area that are high risk of experiencing the ravages of earthquakes are Fulolo 3<sup>rd</sup>, Fulolo 4<sup>th</sup>, Fulolo 5<sup>th</sup> on the Gunung Sitoli Formations (QTg) because of those have a thick layer of soft sediments so that third of the area have a dominant low frequency ( $f_0$ ) and resulting low amplification factor ( $A_0$ ) are high as well as at risk for experiencing shifting rock and deformation of surface layer due to the propagation of earthquake waves.*

**Keywords:** Microtremor, HVSR, Dominant Frequency, Amplification, Peak Ground Acceleration, Seismic Vulnerability Index and Ground Shear Strain.

### **ABSTRAK**

*Pengukuran mikrotremor telah dilakukan di Desa Fulolo Kecamatan Alasa Kabupaten Nias Utara. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan parameter HVSR berupa nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan faktor amplifikasi ( $A_0$ ) serta menentukan parameter ketebalan sedimen lunak ( $H$ ), indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ), peak ground acceleration / PGA ( $\alpha$ ) dan ground shear strain ( $\gamma$ ) serta menganalisis resiko kebencanaan gempa bumi di Desa Fulolo Kecamatan Alasa Kabupaten Nias Utara. Pengukuran mikrotremor dilakukan pada 5 titik pengukuran dan data mikrotremor dianalisis menggunakan metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio. Analisis HVSR berupa nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan amplifikasi ( $A_0$ ). Kemudian menghitung ketebalan sedimen lunak, nilai peak ground acceleration/PGA ( $\alpha$ ), indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) dan ground shear strain ( $\gamma$ ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Desa Fulolo memiliki sebaran nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) berkisar 0,954 Hz hingga 7,149 Hz, nilai amplifikasi ( $A_0$ ) berkisar 0,546 hingga 7,505, ketebalan sedimen lunak ( $H$ ) berkisar 8,945 meter hingga 112,21 meter, nilai peak ground acceleration ( $\alpha$ ) berkisar 71,78 gal hingga 194,11 gal, indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) berkisar  $2,06 \times 10^{-07}$  ( $1/\text{cm s}^2$ ) hingga  $1,86 \times 10^{-05}$  ( $1/\text{cm s}^2$ ), ground shear strain ( $\gamma$ ) berkisar  $1,031 \times 10^{-04}$  hingga  $1,338 \times 10^{-03}$ . Daerah yang memiliki resiko tinggi mengalami kerusakan akibat gempa bumi adalah Fulolo 3, Fulolo 4 dan Fulolo 5 yang berada Formasi Gunung Sitoli (QTg) dikarenakan memiliki lapisan sedimen lunak yang tebal sehingga ketiga daerah tersebut memiliki frekuensi dominan rendah ( $f_0$ ) rendah dan mengakibatkan faktor*

amplifikasi ( $A_0$ ) yang tinggi serta beresiko untuk mengalami deformasi bebatuan dan pergeseran lapisan permukaan akibat penjarangan gelombang gempa bumi.

**Kata Kunci:** Mikrotremor, HVSR, Frekuensi Dominan, Amplifikasi, Peak Ground Acceleration, Indeks Kerentanan Seismik dan Ground Shear Strain.

## PENDAHULUAN

Kecamatan Alasa merupakan salah satu kecamatan dengan jumlah penduduk 21,160 jiwa atau jumlah penduduk terpadat kedua di Kabupaten Nias Utara [1]. Dengan jumlah penduduk yang padat menunjukkan bahwa terdapatnya potensi pembangunan infrastruktur masyarakat daerah Kecamatan Alasa, secara khusus di Desa Fulolo. Pembangunan infrastruktur atau sarana publik, aspek kegempaan menjadi suatu faktor yang penting dalam hal keamanan sipil guna menghindari kerugian dalam hal pendanaan dan keselamatan jiwa.

Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk menganalisis struktur bawah permukaan dalam menyalurkan gelombang gempa pada suatu daerah adalah metode mikrotremor. Data mikrotremor tersebut akan diolah menggunakan metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), dengan frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan faktor amplifikasi ( $A_0$ ) merupakan hasil pengolahan dari data mikrotremor yang merepresentasikan karakteristik bawah permukaan tanah suatu daerah.

Pada penelitian ini dilakukan analisis karakteristik bawah permukaan di Desa Fulolo, Kecamatan Alasa dengan menentukan parameter HVSR berupa nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan faktor amplifikasi ( $A_0$ ) dan menentukan parameter ketebalan sedimen lunak ( $H$ ), indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ), *peak ground acceleration peak ground acceleration*/PGA ( $\alpha$ ) dan *ground shear strain* ( $\gamma$ ) serta menganalisis resiko kebencanaan gempa bumi di Desa Fulolo, Kecamatan Alasa Kabupaten Nias Utara.

## DASAR TEORI

### Kondisi Umum Daerah Penelitian

Berdasarkan susunan peta geologi lembar Pulau Nias [2], secara stratigrafi Desa Fulolo terdiri atas:

#### a. Formasi Gomo (Tm<sub>pg</sub>)

Memiliki lapisan bawah permukaan yang tersusun dari batu gamping, napal batupasir, bersisipan napal tufan, batu lanauan, batu konglomerat dan tufa yang bersisipan dengan batu bara napal tufa-an, tufa dan gambut

#### b. Formasi Gunung Sitoli (QT<sub>g</sub>)

Memiliki lapisan bawah permukaan yang tersusun dari batu gamping terumbu, batu gamping lanauan, batupasir gampingan, batupasir kuarsa halus gampingan, napal dan batu lempung parsiran yang berlapis baik dan terlipat lemah.

### Mikrotremor

Mikrotremor merupakan getaran yang memiliki amplitudo simpangan yang sangat kecil sekitar 0,1 hingga 1,0  $\mu$ m dan kecepatan getaran sekitar 0,001 cm/s hingga 0,01 cm/s [3]. Sumber mikrotremor atau *ambient noise* dapat dibagi menjadi dua yaitu sumber yang terjadi secara *natural* (alami) yang dapat berupa getaran gelombang pasang laut, angin dan getaran *cultural* (buatan) yang berasal dari getaran industri mesin, mobil, ataupun aktivitas manusia.

### HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*)

Metode HVSR adalah metode yang digunakan untuk menghitung perbandingan

spektrum komponen horizontal terhadap komponen vertikal dari gelombang mikrotremor yang didasarkan pada asumsi perbandingan rasio spektrum horizontal dan spektrum vertikal merupakan fungsi perpindahan serta metode HVSR sangat efisien untuk menganalisis frekuensi dominan dari lapisan sedimen (*soft sediment*) untuk studi efek tapak lokal suatu daerah (*local site effect*) dan mikrozonasi [4].

### Frekuensi Dominan ( $f_0$ ) dan Ketebalan Sedimen lunak ( $H$ )

Nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dari analisis HVSR merupakan frekuensi getaran yang sering terjadi di suatu daerah. Struktur bangunan yang berdiri di suatu tempat memiliki nilai  $f_0$  yang sama terhadap nilai  $f_0$  daerah sekitar, maka frekuensi bangunan tersebut akan mengalami resonansi jika menerima gelombang gempa bumi. Efek yang ditimbulkan dari peristiwa resonansi adalah rusaknya bangunan tersebut karena frekuensi yang beresonansi memperkuat amplitudo getaran gempa bumi. Hubungan antara frekuensi dominan terhadap batuan dasar, yaitu bahwa semakin kecil frekuensi dominan pada pengukuran mikrotremor maka batuan dasar semakin dalam dan lapisan sedimen lunak permukaan semakin tebal, begitu sebaliknya semakin besar frekuensi dominan yang diperoleh pada pengukuran mikrotremor maka batuan dasar kedalaman dangkal dan lapisan sedimen lunak permukaan semakin tipis [5]. Hubungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 [6]. Ketebalan sedimen lunak ( $H$ ) dapat dilihat pada Persamaan (1) [4].

$$H = \frac{V_s}{4 f_0} \quad (1)$$

dengan nilai  $f_0$  merupakan frekuensi dominan (Hz),  $V_s$  adalah kecepatan gelombang geser bawah permukaan (m/s) dan  $H$  merupakan ketebalan lapisan sedimen lunak (m).

### Amplifikasi ( $A_0$ )

Amplifikasi adalah rasio impedansi lapisan sedimen terhadap batuan dasar (*baserock*).

Amplifikasi menggambarkan perubahan nilai percepatan getaran gelombang tanah dari batuan dasar menuju ke permukaan yang disebabkan karena terdapat perbedaan kecepatan gelombang geser ( $V_s$ ) di batuan dasar dan lapisan sedimen. Nilai kecepatan gelombang geser ( $V_s$ ) yang mengecil menyebabkan nilai modulus geser dan faktor redaman semakin mengecil, sehingga percepatan getaran gelombang tanah membesar [5].

**Tabel 1** Modifikasi klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor oleh Kanai

Klasifikasi		$f_0$ (Hz)	$H$ (m)
Tipe	Jenis		
IV	I	6,67 - 20	tipis, dominasi oleh batuan keras.
	II	10 - 6	Ketebalan 5-10 meter
III	III	2,5 - 4	ketebalan antara 10 – 30 meter.
II dan I	IV	< 2,5	Ketebalan sedimen sangat tebal > 30 meter

### Peak Ground Acceleration/PGA ( $a_g$ )

*Peak Ground Acceleration* atau percepatan getaran tanah maksimum merupakan suatu parameter yang merepresentasikan nilai percepatan getaran tanah terbesar yang terjadi di suatu daerah akibat gempa. Metode Kanai merupakan suatu metode yang menghitung nilai percepatan getaran tanah maksimum menggunakan parameter magnitudo gempabumi, jarak *hypocenter* dengan titik pengukuran, dan periode dominan tanah. Percepatan getaran tanah maksimum ini dapat dihitung menggunakan Persaman (2) [7].

$$a_g = \frac{5}{\sqrt{T_0}} 10^{0,61M - (1,66 + \frac{3,6}{R}) \log R + 0,167 - \frac{1,83}{R}}$$

dengan nilai  $a_g$  merupakan percepatan tanah maksimum permukaan (gal),  $T_0$  adalah periode dominan tanah titik pengamatan (detik),  $M$  adalah magnitudo gempa dalam skala Richter, dan  $R$  adalah jarak *hiposenter* (km).

### Indeks Kerentanan Seismik ( $K_g$ )

Indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) merupakan indeks yang merepresentasikan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi gempa bumi. Tinggi rendahnya indeks kerentanan seismik dipengaruhi oleh faktor amplifikasi dan frekuensi, sehingga hubungan tersebut dapat dinyatakan dalam Persamaan (3) [4].

$$K_g = \frac{A_0^2}{f_0} \frac{1}{\pi^2 V_b} \quad (3)$$

dengan nilai  $A_0$  merupakan faktor amplifikasi,  $f_0$  adalah frekuensi dominan (Hz),  $V_b$  merupakan kecepatan pergeseran bawah permukaan tanah batuan dasar (m/s),  $K_g$  adalah indeks kerentanan seismik ( $1/\text{cm s}^2$ ). Tingkat indeks kerentanan seismik yang tinggi pada umumnya terdapat pada daerah yang memiliki amplifikasi yang tinggi serta frekuensi dominan yang rendah. Hal ini terjadi karena lapisan sedimen permukaan relatif tebal sehingga menutupi batuan dasar.

### Ground Shear Strain ( $\gamma$ )

*Ground shear strain* adalah kemampuan tanah suatu daerah untuk saling merenggang dan bergeser saat terjadinya gempa. Semakin besar nilai *Ground shear strain* maka daerah tersebut memiliki nilai indeks kerentanan seismik dan PGA yang besar pula. Hubungan dari ketiga variabel tersebut dapat ditulis dalam Persamaan (4) sebagai berikut [4]:

$$\gamma = K_g \times a_g \quad (4)$$

dengan dengan nilai  $\gamma$  merupakan nilai *ground shear strain*,  $K_g$  ( $1/\text{cm s}^2$ ) adalah nilai indeks kerentanan seismik,  $a_g$  (gal) merupakan percepatan tanah maksimum.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian pengukuran mikrotremor di Desa Fulolo Kecamatan Alasa Kabupaten Nias Utara ditunjukkan pada Gambar 1.

Metode Penelitian dibagi menjadi dua tahapan, yaitu tahapan pengumpulan data, tahapan pengolahan data. Tahapan dalam penelitian ini sebagai berikut:

### Tahapan Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data meliputi pembuatan desain survei lokasi penelitian yang diperoleh dari peta geologi Pulau Nias sehingga didapat informasi bebatuan penyusun geologi Desa Fulolo, Kecamatan Alasa, Kabupaten Nias Utara, mengumpulkan data mikrotremor siap olah, mencari informasi nilai kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter ( $V_{s30}$ ) daerah lokasi penelitian Desa Fulolo dan mengumpulkan informasi kejadian gempa dengan skala terbesar yang pernah mengguncang daerah penelitian dalam radius 1000 km .

### Tahapan Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data pada penelitian ini meliputi sebagai berikut:

#### a. *Windowing*

*Windowing* merupakan suatu tahap proses pemilihan jendela sinyal rekaman mikrotremor yang akan diubah dari kawasan waktu (*time domain*) ke dalam kawasan frekuensi (*frequency domain*).

#### b. *Smoothing*

Proses *smoothing*/penghalusan agar tampilan kurva sinyal *H/V* tampak halus dan memiliki deviasi standar yang kecil. *Smoothing* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan tipe Konno dan Ohmachi dengan nilai *smoothing* berbeda pada tiap titik penelitian.

#### c. Frekuensi *Sampling*

Mengatur frekuensi *sampling* pada menu *H/V Toolbox*. Frekuensi *sampling* yang digunakan untuk menampilkan perbandingan kurva *H/V* berada pada interval 1 Hz hingga 20 Hz.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Frekuensi Dominan ( $f_0$ ) dan Ketebalan Sedimen Lunak ( $H$ )

Nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) yang tinggi mengidentifikasikan lapisan bawah permukaan pada suatu daerah terdiri dari lapisan batuan yang keras, begitu sebaliknya bahwa nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) yang rendah mengidentifikasikan lapisan bawah permukaan pada suatu daerah terdiri dari lapisan batuan yang lunak. Berdasarkan hasil analisis frekuensi dominan ( $f_0$ ) pada daerah pengukuran, diperoleh nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) terhadap ketebalan sedimen lunak ( $H$ ) seperti Tabel 2.

**Tabel 2** Klasifikasi frekuensi dominan terhadap ketebalan sedimen lunak di Desa Fulolo

Titik Penelitian	Klasifikasi		$f_0$ (Hz)	$H$ (m)
	Tipe	Jenis		
Fulolo 1	IV	I	7,149	8,94
Fulolo 2	IV	I dan II	6,004	18,62
Fulolo 3	I dan II	IV	1,314	69,91
Fulolo 4			2,113	43,47
Fulolo 5			0,954	112,21

Nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) yang kecil disebabkan oleh gelombang seismik yang terjebak pada lapisan sedimen lunak yang tebal

dalam waktu yang lama sehingga daerah yang memiliki lapisan sedimen lunak yang tebal sangat mudah untuk mengalami kerusakan akibat guncangan gelombang seismik.

### Analisis Amplifikasi ( $A_0$ )

Desa Fulolo yang memiliki nilai amplifikasi ( $A_0$ ) berkisar 0,546 hingga 7,505 dengan  $A_0$  yang tinggi yaitu pada titik pengukuran Fulolo 5 yang berada di Formasi Gunung Sitoli (QTg) dan  $A_0$  terendah yaitu titik pengukuran Fulolo 2 dengan  $n$  berada pada Formasi Gomo (TmPg).

Nilai  $A_0$  rendah pada Formasi Gomo (TmPg) merepresentasikan bahwa lapisan bawah permukaan pada formasi tersebut cenderung lebih kecil untuk mengalami proses terjadinya resonansi gelombang bila terjadi gempa bumi pengukuran sedangkan nilai  $A_0$  yang berada pada Formasi Gunung Sitoli cenderung lebih besar untuk mengalami proses terjadinya resonansi karena terdiri dari lapisan permukaan yang bersifat lunak.

### Analisis *Peak Ground Acceleration*/PGA ( $\alpha_g$ )

Desa Fulolo memiliki nilai *peak ground acceleration* ( $\alpha$ ) berkisar 71,78 gal hingga 194,11 gal dengan PGA terendah yaitu Fulolo 3, Fulolo 4 dan Fulolo 5 yang berada pada Formasi Gunung Sitoli (QTg) sedangkan Desa Fulolo yang memiliki PGA tinggi berada pada Formasi Gomo (TmPg) yaitu Fulolo 1 dan Fulolo 2.

Daerah yang memiliki nilai PGA rendah merupakan daerah yang memiliki lapisan sedimen lunak yang tebal, dominan yang tinggi, frekuensi dominan yang kecil, serta densitas batuan penyusun kecil sehingga mengakibatkan daerah yang memiliki nilai PGA yang kecil akan mengalami getaran gelombang seismik yang lebih lambat tetapi kuat teramplifikasi dan getaran gelombang seismik yang menjalar pada bawah permukaan tanah berlangsung dalam waktu yang lama

sehingga dapat menyebabkan kerusakan yang cukup parah.

### Analisis Indeks Kerentanan Seismik ( $K_g$ )

Desa Fulolo memiliki nilai indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) berkisar  $2,06 \times 10^{-7}$  ( $1/\text{cm s}^2$ ) hingga  $1,86 \times 10^{-5}$  ( $1/\text{cm s}^2$ ), dengan  $K_g$  rendah yaitu pada titik pengukuran Fulolo 1 dan Fulolo 2 yang berada pada Formasi Gomo (TmPg) dan  $K_g$  tertinggi yaitu Fulolo 3, Fulolo 4 dan Fulolo 5 yang berada pada Formasi Gunung Sitoli (QTg). Tingginya nilai indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) suatu daerah menginterpretasikan bahwa daerah tersebut berpotensi besar mengalami kerusakan yang parah dengan struktur geologi yang bersifat *alluvium* atau cenderung lunak.

### Analisis Ground Shear Strain ( $\gamma$ )

Desa Fulolo memiliki nilai *ground shear strain* ( $\gamma$ ) berkisar  $1,031 \times 10^{-4}$  hingga  $1,338 \times 10^{-3}$  dengan  $\gamma$  yang rendah yaitu Fulolo 1 dan Fulolo 2 yang berada pada Formasi Gomo (TmPg) dan  $\gamma$  yang tinggi yaitu Fulolo 3, Fulolo 4 dan Fulolo 5. Berdasarkan hubungan sifat dinamika tanah terhadap nilai *ground shear strain* ( $\gamma$ ), maka sifat dinamika tanah pada daerah pengukuran yang memiliki  $\gamma$  rendah bersifat *elastic* dengan batas nilai  $10^{-4} - 10^{-5}$  akan merasakan gelombang atau getaran dan daerah pengukuran yang memiliki  $\gamma$  tinggi bersifat *elastic-plasticity* dengan batas nilai  $10^{-3} - 10^{-4}$  akan mudah mengalami retakan dan penurunan tanah [12].

### KESIMPULAN

Desa Fulolo memiliki sebaran nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) berkisar 0,954 Hz hingga 7,149 Hz, nilai amplifikasi ( $A_0$ ) berkisar 0,546 hingga 7,505, ketebalan sedimen lunak ( $H$ ) berkisar 8,945 meter hingga 112,21 meter, nilai *peak ground acceleration* ( $\alpha$ ) berkisar 71,78 gal hingga 194,11 gal, indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) berkisar  $2,06 \times 10^{-7}$  ( $1/\text{cm s}^2$ ) hingga  $1,86 \times$

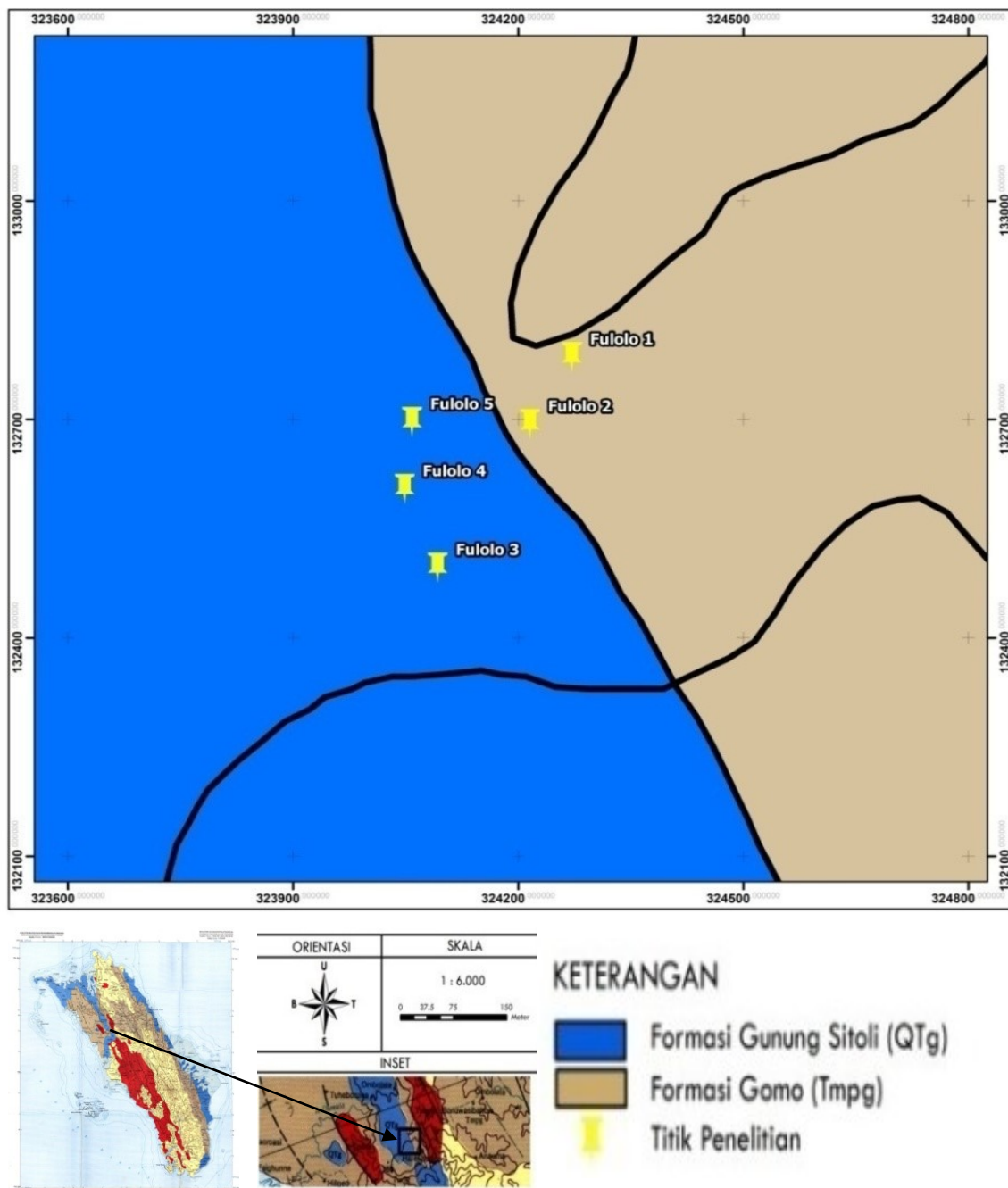
$10^{-5}$  ( $1/\text{cm s}^2$ ), *ground shear strain* ( $\gamma$ ) berkisar  $1,031 \times 10^{-4}$  hingga  $1,338 \times 10^{-3}$ . Daerah yang memiliki resiko tinggi mengalami kerusakan akibat gempa bumi adalah Fulolo 3, Fulolo 4 dan Fulolo 5 yang berada formasi gunung sitoli (QTg) dikarenakan memiliki lapisan sedimen lunak yang tebal sehingga ketiga daerah tersebut memiliki frekuensi dominan rendah ( $f_0$ ) rendah dan mengakibatkan faktor amplifikasi ( $A_0$ ) yang tinggi serta beresiko untuk mengalami deformasi bebatuan dan pergeseran lapisan permukaan akibat penjalaran gelombang gempa bumi. Berdasarkan hasil penelitian terkait resiko kebencanaan gempa bumi di Desa Fulolo dapat direkomendasikan hal berikut:

1. Perlunya pembangunan infrastruktur publik berbahan ringan, kuat dan kokoh pada daerah yang memiliki resiko tinggi mengalami kerusakan akibat gempa bumi.
2. Perlunya data bor bawah permukaan sebagai data pelengkap informasi struktur bawah permukaan pada daerah penelitian.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS Kabupaten Nias, 2016, *Kabupaten NIAS UTARA DALAM ANGKA Nias Utara Regency in Figures*. Katalog 1102001.1224. Kabupaten Nias Utara.
- [2] Djamal, B.W. Gunaawan, T.O. Simanjuntak dan Ratman, N, 1994, *Peta Lembar Nias, Sumatera*. Bandung: Pusat Pelatihan dan Pengembangan Geologi.
- [3] Mirzaoglu, M. dan Dýkmen, U., 2003, Application of Microtremors to Seismik Microzoning Procedure. *Journal of The Balkan Geophysical Society*, Vol. 6, No.3, p 143 – 156.
- [4] Nakamura, Y., 2000, *Clear identification of fundamental idea of Nakamura's system* dan Data Research Co. Ltd., 3-25-3 Fujimedia, Kunitachi-shi, Tokyo.

- [5] Parolai, S., Bormann, P., Milkereit, C., 2001, *Assessment of natural frequency of the sedimentary cover in the Cologne area (Germany) using noise measurement*. Journal of Earthquake Engineering, 5, 541-564.
- [6] BMKG, 1998, *Sumber Daya Geologi*. Buletin Meteorologi dan Geofisika No.4. BMKG. Jakarta.
- [7] Douglas, J., 2004, *Ground Motion Estimation Equation 1964-2003*. Department of Civil and Environmental Engineering Imperial College London South Kensington Campus. United Kingdom



**Gambar 1.** Persebaran titik pengukuran mikrotremor di Desa Fulolo Kecamatan Alasa Kabupaten Nias Utara